

СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДВИЖНЫХ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Усков И.А., Гоман В.В., Федореев С.А.
УрФУ*

Работа электрических сетей и электротехнического оборудования во многом зависит от надежности и экономичности многочисленных подвижных размыкаемых контактных соединений между отдельными участками электрической цепи (в таких устройствах как выключатели, рубильники, разъединители, токосъемники и т.п.). Переходное электрическое сопротивление в этих устройствах является причиной значительных потерь электроэнергии, недопустимого перегрева контакт-деталей, а его тенденция к росту в процессе эксплуатации приводит к нестабильности электрических параметров и необходимости частых отключений для ремонта и ревизии контактных соединений, то есть к снижению их надежности и увеличению стоимости эксплуатационных расходов. Также от размыкаемых контактов требуется выдерживать определенное число операций включения и отключения без существенного увеличения переходного сопротивления, с учетом влияния как механических факторов (износ за счет трения), так и электрических факторов (стойкость к воздействию дуги).

Таким образом, целью работы является улучшение эксплуатационных характеристик путем снижения переходного сопротивления подвижных размыкаемых контактных соединений и уменьшения их износа, что повлечет за собой снижение потерь электроэнергии, увеличение срока службы соединений, т.е. существенное снижение эксплуатационных затрат. Достижение указанной цели обеспечивается нанесением на рабочие поверхности контакт-деталей защитного металлопокрытия определенного состава.

Основные характеристики проекта:

8. Металлопокрытия могут быть получены на контактных поверхностях всех материалов, применяемых для изготовления контактов (сталь, медь, алюминий и сплавы на их основе).

9. Металлопокрытия позволяют стабилизировать на уровне первоначальной сборки величину переходного электрического сопротивления контактных устройств всех типов в течение всего срока их эксплуатации.

10. Снижение переходного электрического сопротивления контактного соединения с металлопокрытием в зависимости от материала контакт-деталей составляет: алюминий-алюминий – 10-15 раз; алюминий-медь – 3-7 раза; медь-медь – 1,4-2 раза.

11. Металлопокрытия могут работать в агрессивных средах как внутри помещений, так и на открытом воздухе при температуре от -40°C до $+500^{\circ}\text{C}$.

12. Способ получения металлопокрытий не опасен для здоровья человека, а применяемые для этого легкоплавкие сплавы химически не активны, не содержат токсичных и драгоценных металлов.

13. Работа выполняется при температуре нагрева контактной поверхности не выше 100 °С и не требует использования какого-либо специального оборудования.

14. Применяемые сплавы позволяют повысить стойкость к износу рабочих поверхностей контакт-деталей в подвижных контактных соединениях, за счет снижения коэффициента трения.

Для получения защитного металлопокрытия на токопередающих поверхностях контактов использован процесс локального контактного твердо-жидкого плавления, при котором взаимодействие твердого металла с жидким происходит ниже температуры автономного плавления твердого металла. В самом общем виде процесс состоит из двух стадий: локальное плавление твердого металла после смачивания его с жидким поверхностно активным сплавом заданного состава (бездиффузионная стадия), а затем диффузионное перемешивание атомов твердого металла из расплавившегося объема и жидкой фазы нанесенного сплава (диффузионная стадия). После затвердевания на контактной поверхности образуется слой металлопокрытия, которое представляет собой новое вещество (твердый раствор двух металлов), отличающееся по своим физическим и химическим свойствам как от материала контакт-детали, так и от нанесенного на ее поверхность легкоплавкого сплава.

Ключевым элементом новизны является то, что в отличие от известных разработок УрО РАН и УрФУ в области неподвижных контактных соединений, в которых использовались галлиевые сплавы, для применения в подвижных контактах электротехнического оборудования предложены сплавы на базе висмута и индия. Их нанесение на рабочие поверхности контакт-деталей происходит при несколько большей температуре (40-90 °С), однако, известные свойства индия (низкий коэффициент трения, коррозионная стойкость, смачиваемость) обеспечивают значительное улучшение механической стойкости к износу контактного соединения. При этом значительный эффект снижения переходного сопротивления также присутствует, как и при применении галлиевых поверхностно-активных сплавов.

Главное преимущество данного способа по сравнению с традиционными лужением и серебрением контактов состоит в том, что он может применяться не только в условиях стационарного производства, но и в реальных условиях работы действующего электротехнического оборудования на различных объектах электроэнергетики, так как нанесение оловянистых и серебряных металлопокрытий, представляющих собой наплавки одного металла на другой толщиной до 0,5 мм, связано либо с нагревом контакт-детали до температуры 320-400 °С (лужение), либо с необходимостью использования специального оборудования (гальваника, электроискровое или плазменное напыление), что исключает возможность их применения в условиях эксплуатации на действующем электрооборудовании.

Полученные результаты подтверждают необходимость дальнейших исследований в данном направлении и разработки испытательной лабораторной установки.